

## 黄土丘陵区小流域尺度生态建设的水文响应研究<sup>\*</sup>

徐学选 刘文兆 王 炜

(西北农林科技大学水土保持研究所 杨陵 712100)

**摘 要** 对黄土丘陵区小流域尺度生态建设的水文响应研究结果表明,土壤水分在坡面上由坡顶向坡脚逐渐富集,泉水流量随土壤水分增加而稳定增加,产流降雨过后泉水流量有较大增加,这种响应约滞后 3~ 10d。高标准生态建设治理后其小流域降雨土壤水径流转化并无较大变化,流域产流水平正常,表明水资源对流域治理后生态环境具有持续支持能力。

**关键词** 黄土丘陵区 小流域 生态建设 水文响应

Study on hydrological response of eco<sup>2</sup> construction in a small watershed of Loess Hilly region. XU Xu<sup>2</sup>Xuan, LIU Wen<sup>2</sup>Zhao, WANG Wei(Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sc<sup>2</sup>Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China), CJE, 2005, 13(2): 155~ 157

**Abstract** The hydrological response of eco<sup>2</sup> construction in a small watershed of Loess Hilly region was studied. The re<sup>2</sup>sults show that the soil moisture increases along the down slope direction, and the spring flow increases with the soil water content increase. When runoff happens, the spring flow may increase 3~ 10 days afterwards. Eco<sup>2</sup> construction is caused the decrease in runoff modules in density rainfall fairs, but fully absorbs the rainfall in a long duration with low intensity rainfall fair, showing the eco<sup>2</sup> construction can be water bearing sustainability in the test region.

**Key words** Loess Hilly region, Small watershed, Eco<sup>2</sup> construction, Hydrological response

(Received Dec. 19, 2003; revised Jan. 27, 2004)

20 世纪末黄土高原土壤干旱化和河川径流减少现象十分突出<sup>[1~ 3]</sup>,以水土保持为主体措施的生态治理在水资源可持续利用中受到质疑<sup>[4]</sup>,故流域生态建设中土壤水分、流域径流量变化受到有关土壤学和生态学学者的普遍关注<sup>[5~ 9]</sup>。本试验于 1998~ 2002 年在延安燕沟流域进行了大范围土壤水分、沟头泉水出流量变化监测工作,并于 2002 年对在康家支沟沟头建立的高标准生态建设治理后小流域降水、土壤水和径流进行动态跟踪监测,研究了黄土丘陵区小流域尺度生态建设的水文响应。

### 1 研究区域概况与研究方法

研究区位于延安市南约 10km,面积 0.32km<sup>2</sup>,属黄土丘陵区延安燕沟支沟的康沟头小流域,年均降雨量约 550mm 且降雨高度集中,地形破碎,水土流失严重。经多年治理,小流域梯田、水平阶、鱼鳞坑、坡荒地等水土保持措施齐全,不同土地类型、土地利用类型均有一定面积分布,其治理度为 85.12%,其中梯田 36.7%、鱼鳞坑 24.4%、灌木林 18.2%、果园 2.34%、坝地 1.8%、农坡地 < 1% 和荒地 13.8%。且主沟建设大坝 1 座,控制整个流域,阴坡支沟建有支坝,可监测径流和泥沙。研究区灌草植被生长良好,工程措施治理配套,成为以水土保持为主的综合生态建设治理小流域和国家生态治理样板。研究布设流域降水量(设 3 个雨量桶)测定、土壤水分定位系统监测体系(按南<sup>2</sup>北断面、西坡断面监测不同土地利用方式土壤水分动态,设 28 测点)、流域地表径流量测定(2 级径流观测坝监测不同水土保持配置产流状况)及流域泉水出流量测定等监测项目。产流降雨后加密测定土壤水分和泉水出流量,连续监测燕沟主沟降雨量及坝口站径流量。4~ 10 月份以大断面每月 1 次定位监测梯田、坡地(农、林、草、灌)土壤水分,测定深度一般为 0~ 2m(部分定位测定深度为 0~ 4m),0~ 1m 土层每 10cm 测定 1 次,1m 以下每 20cm 测定 1 次。每月 2 次测定泉水流量,产流雨后加密连续测定。利用坝前水位(总流域)和径流池(支沟)水位记录径流,并计算径流深度。

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(9020211, 40471126)和中国科学院科技创新项目(KZCX0206)资助

收稿日期:20031219 改回日期:20042027

## 2 结果与分析

### 2.1 生态建设治理小流域对地表径流变化的影响

表1 生态建设治理小流域的产流效应\*

Tab. 1 The effect of runoff rate of managed watershed

研究流域 Watershed	产流时间(年²月²日) Runoff time (year²month²day)	降雨量/mm Rainfall amount	雨强/mm²min <sup>-1</sup> Rainfall intensity	径流深/mm Runoff deep	泥沙率/% Silt transport rate
燕沟流域	2002²0²09	60.9	0.05	0.16	1
	2002²0²17	23.5	0.07	0.33	2
	2002²0²28	31.6	0.68	1.12	10
康沟小流域	2002²0²09	60.9	0.05	0.00	0
	2002²0²28	31.6	0.68	1.71/1.40*	26
	2002²0²26	42.0	0.74	1.63/1.33	44

\* 为主沟/支沟值,下同。

对比分析康沟小流域与其所在燕沟流域的降雨²径流关系(见表1)表明,高标准生态建设治理小流域对降雨²产流的影响一是高度治理能充分

拦截长历时、低强度降水,使其就地入渗,如7月8日试区降水总量>60mm但降雨强度较低,治理康沟小流域未发生径流。二是生态建设治理小流域对高强度降雨产流影响较小,如6月28日降雨燕沟流域产流1.12mm,而观测沟主沟径流深度为1.7mm,支沟(植被良好)径流深度为1.4mm,总流域降雨产流偏低,认为是汇流过程消耗所致。三是植被建设、梯田措施结合窑窖集流可降低流域产流,试验场主沟与支坝的产流水平差异应由治理措施配置所引起。支坝建立道路窑窖体系,其梯田、植被优于主沟,产流量降低,支沟径流深度为主沟的80%左右。

### 2.2 生态建设治理小流域对泉水流量变化的影响

生态建设治理小流域后1~2m土层平均土壤水分与泉水流量的关联状况,土壤水分、降雨与泉水出流量月平均值关联关系见图1~3。图1表明1~2m土层土壤水分均值与泉水出流量月均值变化趋势明显一

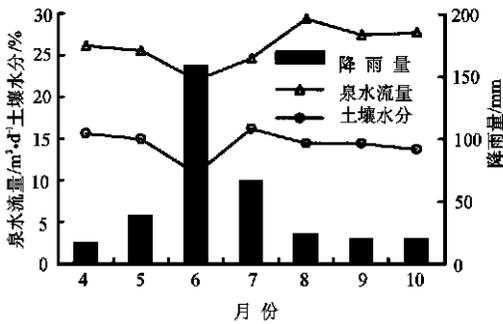


图1 生态建设治理小流域对泉水流量与土壤水分、降雨量关联性的影响

Fig. 1 Correlative analysis among spring amount, soil moisture and rainfall in managed watershed

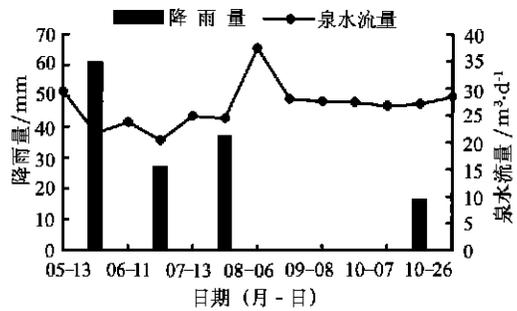


图2 生态建设治理小流域对降雨量与泉水流量关联性的影响

Fig. 2 Correlative analysis between spring and rainfall amount in managed watershed

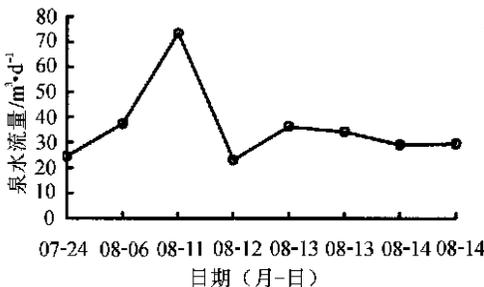


图3 生态建设治理小流域后泉水流量对降雨产流的突变性响应

Fig. 3 Fluction response of spring flow rate to the rainfall in managed watershed

致,相关性优于与月降水量的关系。分析表明泉水补给来于土壤面入渗,降水补给土壤,土壤补给地下水,土壤水分高低与泉水流量大小具有一致性。降雨明显影响泉水出流量,高强度降雨后3~10d泉水流量明显增加。图2表明泉水流量年内春季低,秋季高,6月份最低。图3表明降雨后泉水可能发生较大幅度震荡,怀疑是降雨裂隙类补给所致。故保护土壤水分通道对降雨²土壤水²地下径流有巨大影响。图1还表明土壤水分过度消耗将导致地下水补给减少。朱显谟院士提出增加降雨就地入渗/治黄28字方针0有利于保持流域降雨²土壤水²地下水循环。

### 2.3 生态建设治理小流域对空间土壤水资源差异的影响

生态建设治理小流域后坡向间土壤水分差异性(见图4)为阴坡>半阴坡>阳坡(年均值,坡度15b~25b),这对于林草合理布局

十分重要,黄土丘陵区其他地区研究也有类似结果<sup>[10]</sup>。土壤水分在高梯田2低梯田2坝地中随高度降低而逐渐富集,这与安塞同类研究结果相一致<sup>[11]</sup>,本研究以北坡梯田 7 月份土壤水分作图 5(坡底梯田为第一台,由底部向上计算台级数,梯田垂直高度差 4~ 5m)表明,土壤水分明显向坡脚富集。研究梯田土壤水分富集可促进土壤水分的合理、充分利用。

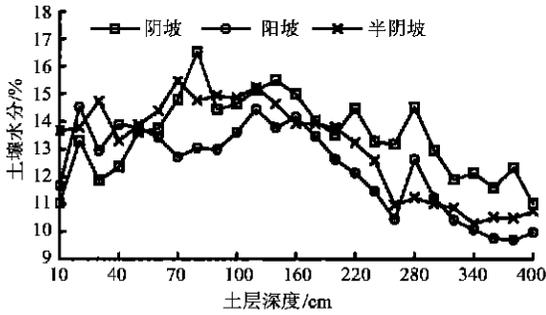


图 4 生态建设治理小流域后南部灌木林不同坡向土壤水分差异

Fig. 4 Soil moisture status of shrub land along different slope directions in the south area of managed watershed

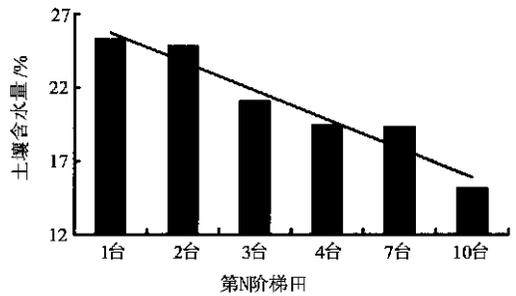


图 5 生态建设治理小流域后 0~ 200cm 梯田土壤水分富集状况

Fig. 5 Analysis of soil water accumulation in terraced land of 0~ 200cm in managed watershed

### 3 小 结

生态建设治理小流域后降雨2产流关系密切,特别是泉水出流量间响应明显,未出现令人担忧的土壤过度消耗及其降雨2土壤水分2径流关系割断现象,且降雨2泉水流量变化有一定滞后(3~ 10d)。高标准生态建设治理小流域后对流域产流水平有一定影响,主沟道与监测支沟沟道降雨产流的径流深度有所差异。但生态治理对小强度、长历时降水拦蓄作用明显,对高强度降雨作用较差,二者综合则影响径流程度有所缓和。观测沟与主沟等研究尺度有一定差异,尺度较小的监测流域理论上较主沟径流深度有所降低,本研究未充分考虑由于尺度差异所产生的水文差异,故治理对径流量降低的影响较监测值低。泉水出流量与流域 1~ 2m 土层土壤水分关系密切,随坡位由高向低梯田土壤水分明显富集,表明该流域存在土壤水补给地下水行为,未阻断该治理流域水循环途径(降雨2土壤水2径流)。8 月份泉水波动振幅很大,这可能是土壤湿穴通道打通与淤堵交替所致,也可能是土壤水与潜水的一种循环方式,治理初期很难消弱该水循环方式,这也是生态建设治理小流域对水循环影响较小的原因之一。

### 参 考 文 献

- 1 李玉山. 黄土区土壤水分循环特征及其对陆地水分循环的影响. 生态学报, 1983, 3(2): 92~ 101
- 2 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究. 自然资源学报, 2001, 16(5): 427~ 432
- 3 侯庆春, 韩蕊莲, 韩仕峰. 黄土高原人工林草地/土壤干层0问题初探. 中国水土保持, 1999 (5): 11~ 14
- 4 李玉山. 黄土高原治理开发与黄河断流的关系. 水土保持通报, 1997, 17(6): 41~ 44
- 5 傅伯杰, 陈利顶. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响: 以延安市羊圈沟为例. 地理学报, 1999, 54(3): 241~ 246
- 6 李文华. 森林对径流影响研究的回顾与展望. 自然资源学报, 2001, 16(5): 398~ 406
- 7 王礼先, 张志强. 森林植被变化的水文生态效应研究进展. 世界林业研究, 1998 (6): 14~ 23
- 8 刘文兆. 小流域水分行为、生态效应及其优化调控研究方面的若干问题. 地球科学进展, 2000, 15(5): 541~ 544
- 9 杨海军, 孙立达, 余新晓. 晋西黄土区森林流域水量平衡研究. 水土保持通报, 1994, 14(2): 26~ 31
- 10 徐学选, 刘文兆, 高 鹏. 黄土丘陵区土壤水分空间分布差异性探讨. 土壤与环境, 2003, 12(1): 52~ 55
- 11 徐学选, 蒋定生, 王 钰等. 黄土丘陵区降雨坡面再分配规律研究. 水土保持研究, 2002 (3): 249~ 251